

7. P80730 S



①9 BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES
PATENTAMT

⑫ **Off nl gungsschrift**
⑩ **DE 197 01 419 A 1**

⑤1 Int. Cl.⁶:
C 23 C 14/50

②1 Aktenzeichen: 197 01 419.4
②2 Anmeldetag: 17. 1. 97
④3 Offenlegungstag: 23. 7. 98

DE 197 01 419 A 1

⑦1 Anmelder:
GKSS-Forschungszentrum Geesthacht GmbH,
21502 Geesthacht, DE

⑦4 Vertreter:
Niedmers und Kollegen, 22761 Hamburg

⑦2 Erfinder:
Wulf, Klaus, 21522 Hohnstorf, DE; Michaelsen,
Carsten, Dr., 21502 Geesthacht, DE

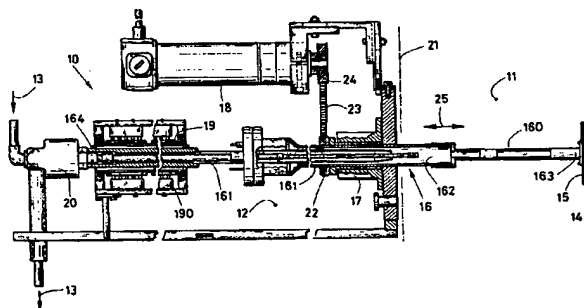
⑤6 Entgegenhaltungen:
DE 41 06 846 C1
DE 32 11 051 C2
US 46 64 935
US 38 89 632
US 37 46 571

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

Prüfungsantrag gem. § 44 PatG ist gestellt

⑤4 Substralthalereinrichtung

⑤7 Es wird eine Substralthalereinrichtung (10) für die Herstellung von Schichten mittels PVD-Verfahren in einem Vakuum vorgeschlagen, umfassend einen Halter (14) zur Aufnahme des Substrats im Vakuumraum (11). Dabei ist der Halter (14) im Vakuumraum (11) im wesentlichen um eine Achse (162) drehbar.



DE 197 01 419 A 1

Die Erfindung betrifft eine Substralthalereinrichtung für die Herstellung von Schichten mittels PVD-Verfahren im Vakuum, umfassend einen Halter zur Aufnahme des Substrats im Vakuumraum.

Mittels der seit langem bekannten verschiedenen PVD-Verfahren können auf Substraten Schichten aus Metall, Metallegierungen, Hartstoffen aber auch aus Kohlenstoff bzw. Kohlenstoffverbindungen für die verschiedensten Anwendungsfälle hergestellt werden. Beim sogenannten Sputter-Verfahren, das eine bestimmte Art der Gruppe der PVD-Verfahren ist (Physical Vapor Deposition), wird in einer Vakuumkammer bei einem Druck von typisch 10^{-3} mbar durch Anlegen einer Spannung zwischen zwei Platten eine Gasentladung (Plasma) induziert. Dabei entstehen positiv ionisierte Gasatome, die in einem elektrischen Feld auf eine Kathode beschleunigt werden, so daß diese dort nach dem Auftreffen einzelne Atome oder kleine Cluster heraus schlagen. Diese breiten sich dann in der Vakuumkammer als eine Art Dampf aus und schlagen sich auf einem Substrat, auf dem die Schicht hergestellt wird, als Schicht aus einem Werkstoff nieder, der die Kathode bildet. Mittels dieses an sich bekannten Sputterverfahrens lassen sich dünne Schichten sehr gut herstellen.

Mit diesem bekannten Sputter-Verfahren hergestellte dünne Schichten, wie sie beispielsweise bei Röntgenspiegeln angewendet werden zeigen, solange es sich bei den zu beschichtenden Substraten um verhältnismäßig einfache geometrische Strukturen handelte, befriedigende Beschichtungsergebnisse, wobei hervorzuheben ist, daß zum Erhalt einer großen Reinheit der Schicht das Sputtern regelmäßig im Bereich des Hochvakuums von bis zu 10^{-9} mbar stattfindet.

Es ist aber auch vielfach gewünscht, komplizierte Bauteile bzw. Substrate mit einer dünnen Schicht mittels des Sputter-Verfahrens zu versehen, wobei dieses bisher mit um so geringerem Erfolg erreicht wurde, je komplizierter das Substrat in bezug auf seine Struktur geformt war. Einer der wesentlichen Gründe dafür ist der, daß es für die schichtbildenden Target-Atome aufgrund der an sich festen Geometrie der das Target bildenden Kathode relativ zu dem auf dem Halter im Vakuumraum für den Beschichtungsvorgang angeordneten Substrat, das sich in seiner Position nicht verändert, zu Abschattungen kommt, d. h. daß die Target-Atome bestimmte Bereiche des Substrats zur Ausbildung der Schicht besser erreichen und bestimmte Bereiche des Substrats weniger gut oder überhaupt nicht erreichen. Dieses ist für viele Anwendungen, bei denen beispielsweise eine gleichmäßig ausgebildete Schicht auch auf komplizierten Strukturen eines zu beschichtenden Substrats unabdingbar ist, unbefriedigend.

Es ist deshalb Aufgabe der vorliegenden Erfindung, eine Substralthalereinrichtung der eingangs genannten Art zu schaffen, mit der es möglich ist, auch komplizierte Strukturen von Substraten mit einer Schicht unter Einsatz der PVD-Verfahren, insbesondere des Sputter-Verfahrens, herzustellen, wobei die Substralthalereinrichtung derart ausgebildet sein soll, daß sie in Vakuumapparaturen, mit denen PVD-Verfahren ausgeführt werden sollen, Verwendung finden kann und auch bei bestehenden Vakuumapparaturen nachträglich eingesetzt werden kann, wobei die Substralthalereinrichtung einfach herstellbar und handhabbar sein soll und eine unmittelbare Anpassung an die zu beschichtende Struktur in bezug auf seine Handbarkeit in der Vakuumanlage anpaßbar sein soll.

Gelöst wird die Aufgabe gemäß der Erfindung dadurch, daß der Halter im Vakuumraum um wenigstens eine Achse

drehbar ist.

Der Vorteil der erfindungsgemäßen Substralthalereinrichtung besteht im wesentlichen darin, daß diese von außen, d. h. von dem Umgebungsraum aus, in dem die Vakuumanlage angeordnet ist, derart handhabbar ist, daß das auf dem Halter zu seiner Beschichtung anbringbare Substrat gedreht werden kann, so daß auch die normalerweise bei festem Halter, bedingt durch die Struktur des Substrats, bisher möglichen abgeschatteten Bereiche nunmehr auch durch entsprechende Drehung des Halters dem Dampf aus Target-Atomen ausgesetzt werden kann.

Die Drehung des Halters um wenigstens eine Achse kann kontinuierlich erfolgen, es ist aber auch möglich, diese Drehung in bestimmten Schritten um bestimmte Winkel in zeitlich vorbestimmbaren Abständen vorstatten gehen zu lassen, wobei es möglich ist, die Art der Drehung auch in Abhängigkeit des Kompliziertheitsgrades oder im allgemeinen in Abhängigkeit von der Struktur des Substrats schlechthin abhängig zu machen.

Die erfindungsgemäße Substralthalereinrichtung kann zudem nicht nur im Zuge neu erstellter Vakuumanlagen bzw. Vakuumapparaturen, wie sie typischerweise im Zusammenhang mit PVD-Verfahren benutzt werden, Anwendung finden, sondern auch bei schon bestehenden, im Einsatz befindlichen Vakuumanlagen bzw. Vakuumapparaturen im Wege einer Nachrüstung Verwendung finden.

Bestimmend für eine gleichmäßige homogene Ausbildung einer Schicht sowohl bei Substraten mit verhältnismäßig einfacher geometrischer Struktur als auch bei Substraten mit einer verhältnismäßig komplizierten geometrischen Struktur kann ebenfalls die Temperatur des für den Beschichtungsvorgang auf dem Halter angeordneten Substrats sein. Ein für den Beschichtungsvorgang bestimmte optimale Temperatur des Substrats hängt von vielen Parametern ab, beispielsweise von der Art des Gases, das den Austritt der Atome oder Cluster aus der Target-Kathode bewirkt, von der Größe der Spannung zur Erzeugung der Gasentladung bzw. des Plasmas, vom Werkstoff der Target-Kathode sowie von den geometrischen Entfernungen zwischen der targetbildenden Kathode und dem Halter zur Aufnahme des Substrats und vom Werkstoff des Substrats selbst. Um eine derartige Temperatur zur optimalen Ausbildung einer Schicht auf dem Substrat zu erreichen, ist es vorteilhaft, die Substralthalereinrichtung mittels Temperierungsmitteln, die von außen zu dem sich im Vakuumraum befindlichen Halter zu-führbar sind, zu kühlen oder zu erwärmen ist, d. h. diese auf die optimale Temperatur in Abhängigkeit der vorgenannten Parameter einzustellen.

Dabei kann das Temperierungsmittel vorteilhafterweise durch ein flüssiges Medium gebildet werden, das über entsprechende Leitungen zum Halter geführt wird. Das Temperierungsmittel kann sowohl ein Wärmetransportmittel als auch ein Kältetransportmittel sein, wobei hier aus Verständlichkeitsgründen an sich physikalisch unkorrekt von "Wärme" und "Kälte" die Rede ist.

Bei einer anderen vorteilhaften Ausgestaltung der Substralthalereinrichtung ist die Temperierung des Halters mittels elektrischer Energie erreichbar, wodurch auch eine Erwärmung des Halters und auch eine Abkühlung des Halters grundsätzlich bewirkbar ist. Um außerhalb des Vakuumraumes, d. h. vom die Vakuumapparatur bzw. die Vakuumkammer umgebenden Umgebungsraumes aus die Temperatur des Halters fortlaufend erfassen zu können, ist am Halter wenigstens ein Temperatursensor angeordnet, mit dem die Temperatur erfaßbar ist, wobei der Sensor eine elektrische Größe entsprechend der von ihm erfaßten Temperatur des Halters zu liefern imstande ist.

Sensoren dieser Art können Halbleitersensoren aber auch

einfache Heißeleiter bzw. in bestimmten Fällen auch einfache Kaltleiter sein, d. h. durch Thermoelemente schlechthin.

Um sicherzustellen, daß eine bestimmte Temperatur für den Beschichtungsvorgang mittels des Sputter-Verfahrens auf dem Halter und somit auf dem auf dem Halter angeordneten Substrat fortwährend eingehalten wird, ist es vorteilhaft, die Temperatur des Halters in Verbindung mit der vom Sensor erfaßten Größe zu regeln und/oder zu steuern. Denkbar ist es auch, die Temperatur des Halters bzw. des Substrats im Zuge der Ausbildung der Schicht auf dem Substrat zu variieren, um optimale Temperaturbedingungen für die Ausbildung einer Schicht zu ermöglichen.

An sich kann die Substralthalereinrichtung unter der Maßgabe, daß der Halter, auf dem das Substrat angeordnet ist, um wenigstens eine Achse drehbar ist, beliebig geeignet ausgebildet sein. Vorteilhaft, weil verhältnismäßig einfach und kostengünstig realisierbar ist es, diesen wenigstens teilweise in Form eines rohrförmigen Stabes auszubilden, der an einer Drehdurchführung befestigt teilweise in den Vakuuminnenraum und teilweise in den Umgebungsraum außerhalb des Vakuumraumes hineinragt, wobei der Halter am Ende des in den Vakuumraum hineinragenden Teiles des Stabes, d. h. regelmäßig an der Stabspitze, angeordnet ist. Der Halter ist somit um die Stabachse, die die Drehachse des Halters bildet, drehbar.

Wie vorangehend schon angedeutet, ist der Halter bzw. der rohrförmige Stab, an dem der Halter angeordnet ist, entweder kontinuierlich oder schrittweise oder auch diskontinuierlich drehbar, was grundsätzlich auch manuell bewirkbar ist. Vorteilhaft ist es jedoch, den rohrförmigen Stab mittels einer Dreheinrichtung, beispielsweise eines steuerbaren Elektromotors oder auch eines Elektro-Schrittmotors in Rotation zu versetzen.

Die Rotation kann selbst wieder auf beliebige geeignete Weise abgestimmt werden auf die oben aufgeführten Parameter zur Ausbildung einer optimalen Beschichtung auf dem Substrat.

Vorteilhafterweise ist auf dem sich im Umgebungsraum befindlichen Teil des rohrförmigen Stabes eine Schleifringeinrichtung zur Übertragung elektrischer Signale und/oder Spannungen auf die am Halter angeordnet Erwärmungs- und/oder Kühleinrichtung sowie des Sensors angeordnet, die mit einer festen Schleifringeinrichtung zusammenwirkt. Somit können unabhängig von der Drehung elektrische Signale und/oder elektrische Spannungen auf den Halter übertragen werden, d. h. für Temperierungszwecke und Sensorzwecke und ggf. auch noch zur Erfassung anderer Parameter wie der Beschichtungsrate auf dem Substrat und dergleichen.

Schließlich ist es vorteilhaft, daß mit dem sich im Umgebungsraum befindlichen drehbaren Teil des Stabes eine relativ zum drehbaren Teil feststehende Zufuhr- und Abführeinrichtung für das zur Erwärmungs- und/oder Kühleinrichtung des Halters geführten flüssigen Temperierungsmittels zusammenwirkt. Durch diese Maßnahme ist es vorteilhafterweise möglich, eine kontinuierliche Beaufschlagung des Halters mittels des flüssigen Temperierungsmittels unabhängig von der Rotation bzw. dem Rotationsgrad des rohrförmigen Stabes bzw. des Halters bewirken zu können.

Um einen weiteren Freiheitsgrad der Bewegung des Halters im Vakuumraum zur weiteren Optimierung der Ausbildung der Schicht auf dem Substrat ermöglichen zu können, ist es sehr vorteilhaft, zusätzlich den Halter axial zur Drehachse verschiebbar auszubilden.

Die Erfindung wird nun unter Bezugnahme auf die nachfolgenden schematischen Zeichnungen anhand eines Ausführungsbeispiels im einzelnen beschrieben. Darin zeigen:

Fig. 1 In der Draufsicht die Substralthalereinrichtung in

teilweisem Schnitt in einer Anordnung, bei der ein Teil des den Halter zur Aufnahme des zu beschichtenden Substrats haltenden Stabes sich im Vakuumraum befindet und

Fig. 2 eine Draufsicht auf die Darstellung von Fig. 1 unter Weglassung der Dreheinrichtung.

Die Substralthalereinrichtung 10 für die Herstellung von Schichten mittels PVD-Verfahren im Vakuum, insbesondere mittels des sogenannten Sputter-Verfahrens, umfaßt einen Halter 14, auf dem ein Substrat, auf dem die Schicht auszubilden ist, geeignet lösbar befestigt wird. Der Halter 14 ist an der vorderen Spitze 163, eines rohrförmigen Stabes 16 ausgebildet, der aus im wesentlichen zwei Teilen 160, 161 besteht, wobei das Teil 160 im wesentlichen im Vakuumraum 11 angeordnet ist, wohingegen das andere Teil 161 außerhalb des Vakuumraumes, d. h. im Umgebungsraum 12, angeordnet ist, in dem Normaldruck herrscht. Die Trennwand zwischen Vakuumraum 11 und Umgebungsraum 12 wird durch die strichpunktierte Linie 21 symbolisiert, wobei der Vakuumraum 11 in einer typischerweise für PVD-Verfahren benutzten Vakuumkammer bzw. Vakuumapparatur ausgebildet ist.

Da der Aufbau derartiger Vakuumkammern bzw. Vakuumapparaturen, in denen PVD-Verfahren zur Ausbildung von Schichten auf Substraten ausgeführt werden, an sich bekannt ist, wird an dieser Stelle darauf nicht weiter eingegangen.

Der rohrförmige Stab 16 ist durch eine Drehdurchführungseinrichtung 17 hindurchgeführt, die derart ausgestaltet ist, daß das Ultrahochvakuum bzw. Hochvakuum im Vakuumraum 11 nicht beeinträchtigt wird. Zur Drehung des rohrförmigen Stabes 16 ist auf dem außerhalb des Vakuumraumes 11 liegenden Teils 161 ein Zahnrad 22 ausgebildet, das über einen Zahnriemen 23 über ein mit einer Antriebsachse einer Dreheinrichtung 18 angetriebenem Zahnrad 24 zusammenwirkt, so daß mittels des Drehantriebes der Dreheinrichtung 18 der Stab 16 in Drehung versetzt werden kann. Die Dreheinrichtung 18 kann beispielsweise ein Elektromotor, der regel- bzw. steuerbar ausgebildet sein kann, gebildet werden oder durch einen ebenfalls steuerbaren Schrittmotor.

Auf dem außerhalb des Vakuumraumes 11 liegenden Teil 161 des Stabes 16 ist eine Schleifringeinrichtung 19 ausgebildet, die mit einer festen Schleifringeinrichtung 190 zusammenwirkt. Die Schleifringeinrichtung 19, 190 dient zur Übertragung elektrischer Signale und/oder Spannungen auf eine am Halter 14 angeordnete Erwärmungs- und/oder Kühleinrichtung. Gleichzeitig kann über die Schleifringeinrichtung 19, 190 auch ein hier nicht gesondert dargestellter Sensor oder können mehrere Sensoren mit Spannung versorgt werden bzw. können über die Schleifringeinrichtungen 19, 190 auch von dem Sensor oder den Sensoren kommende Größen bzw. sonstige elektrische Signale zurückgeführt werden und auf hier nicht gesondert dargestellte Auswerte, Steuer- und Regeleinrichtungen gegeben werden. Schließlich ist im Bereich der Spitze 164 des außerhalb des Vakuumraumes 11 liegenden Teils 161 eine Zufuhr- und Abführeinrichtung 20 vorgesehen, mit der das Temperierungsmittel 13 zur Erwärmungs- und/oder Kühleinrichtung 15 an der Spitze 163 des Stabes 16, d. h. zum dort ausgebildeten Halter 14, geführt werden kann bzw. von diesem weggeführt werden kann.

Der Halter 14 kann auch längs des Pfeiles 25 in beiden Richtungen, d. h. axial zur Achse 162, unter Aufrechterhaltung des Hochvakuums bzw. Ultrahochvakuums im Vakuumraum 11 hin und her verschoben werden.

Über im rohrförmigen Stab 16 ausgebildete, von der Zufuhr- und Abführeinrichtung 20 zur Erwärmungs- und Kühleinrichtung 15 am Halter 14 geführte Leitungen 165, 166 kann Temperierungsmittel 13, auf vorbestimmte Weise ge-

eignet temperiert, auf den Halter **14** gegeben werden, so daß dieser eine bestimmungsgemäße Temperatur einnimmt und somit auch das auf dem Halter für die Beschichtung befestigte Substrat (nicht dargestellt). In dem in den Fig. 1 und 2 dargestellten Ausführungsbeispiel der Substralthaltereinrichtung **10** ist das Temperierungsmittel **13** ein flüssiges oder gasförmiges Medium. Es ist aber auch möglich, die Temperatur des Halters **14** auf einer bestimmten Höhe mittels elektrischer Energie einzustellen, d. h. eine Erwärmung oder eine Abkühlung. Es ist auch möglich, die Temperatur des Halters **14** über die Erwärmungs- und Kühleinrichtung **15** mittels elektrischer Energie und mittels flüssiger bzw. gasförmiger Medien einzustellen.

Bezugszeichenliste

10 Substralthaltereinrichtung	
11 Vakuumraum	
12 Umgebungsraum (außen)	
13 Temperierungsmittel	
14 Halter	
15 Erwärmungs- und Kühleinrichtung	
16 Stab	
160 im Vakuum liegendes Teil	
161 außerhalb des Vakuums liegendes Teil	
162 Achse	
163 Spitze	
164 Spitze	
165 Leitung	
166 Leitung	
17 Drehdurchführung	
18 Dreheinrichtung	
19 Schleifeinrichtung	
190 Schleifeinrichtung (fest)	
20 Zufuhr- und Abfuhreinrichtung	
21 Linie	
22 Zahnrad	
23 Zahnriemen	
24 Zahnrad	
25 Pfeil	

Patentansprüche

1. Substralthaltereinrichtung für die Herstellung von Schichten mittels PVD-Verfahren in einem Vakuum, umfassend einen Halter zur Aufnahme des Substrats im Vakuumraum, **dadurch gekennzeichnet**, daß der Halter (**14**) im Vakuumraum (**11**) im wesentlichen um eine Achse (**162**) drehbar ist.
2. Substralthaltereinrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß dieser mittels Temperierungsmitteln (**13**), die von außen (**12**) zu dem sich im Vakuumraum (**11**) befindlichen Halter (**14**) zuführbar sind, kühlbar oder erwärmbar ist.
3. Substralthaltereinrichtung nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß das Temperierungsmittel (**13**) durch flüssige Medien gebildet wird.
4. Substralthaltereinrichtung nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß eine Erwärmung des Halters (**14**) mittels elektrischer Energie bewirkbar ist.
5. Substralthaltereinrichtung nach einem oder mehreren der Ansprüche 2 bis 4, dadurch gekennzeichnet, daß die Temperatur des Halters (**14**) durch wenigstens einen am Halter (**14**) angeordneten Sensor erfaßbar ist.
6. Substralthaltereinrichtung nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, daß die Temperatur des Halters (**14**) in Verbindung mit der vom Sensor erfaßten Größe regelbar ist.

7. Substralthaltereinrichtung nach einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, daß dieser einen wenigstens teilweise rohrförmigen Stab (**16**) umfaßt, der an einer Drehdurchführungseinrichtung (**17**) befestigt teilweise in den Vakuumraum (**11**) und teilweise in den Umgebungsraum (**12**) außerhalb des Vakuumraumes (**11**) hineinragt, wobei der Halter (**14**) am Ende des in den Vakuumraum (**11**) hineinreichenden Stabes (**16**) angeordnet ist.

8. Substralthaltereinrichtung nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, daß der rohrförmige Stab (**16**) mittels einer Dreheinrichtung (**18**) in Rotation versetzbar ist.

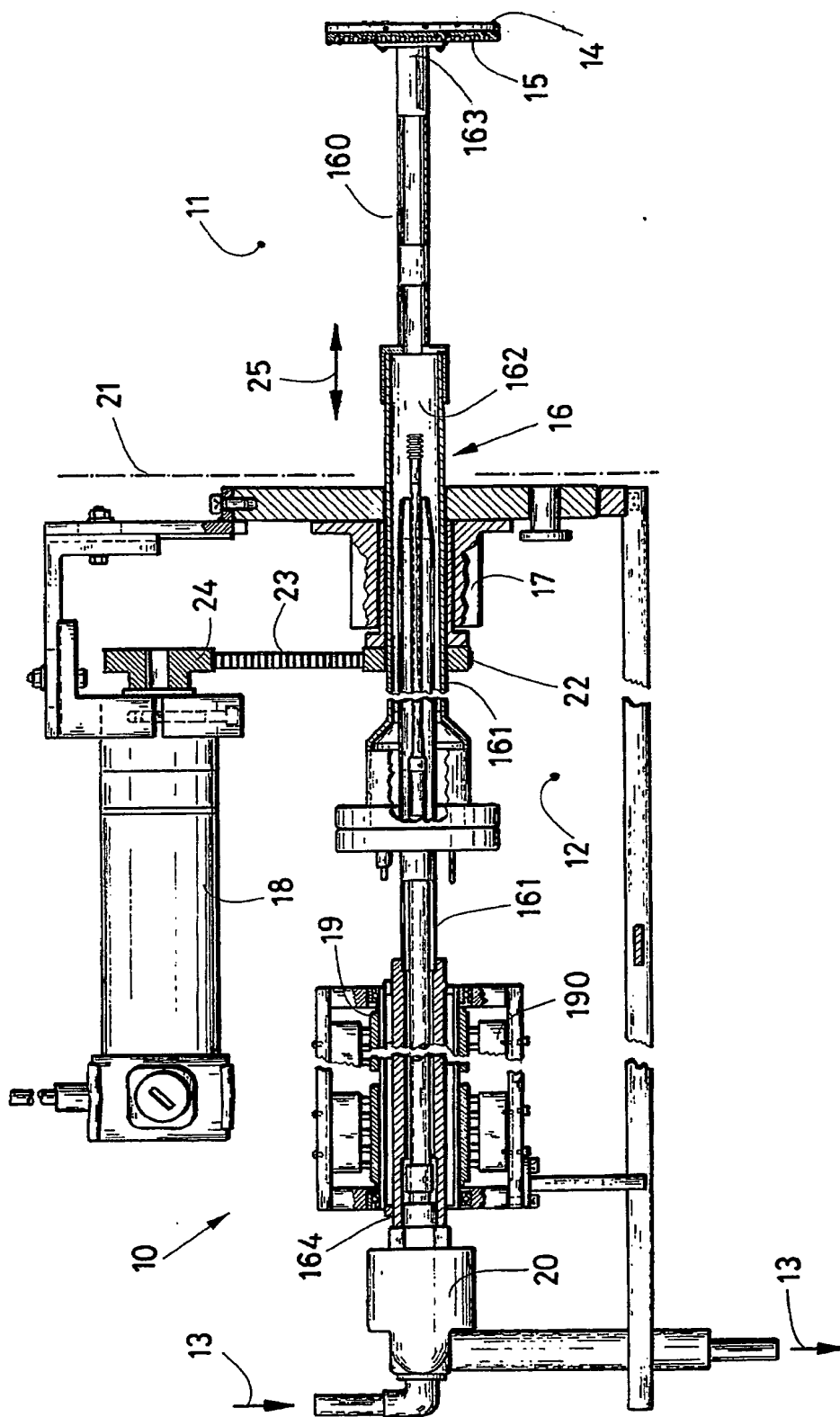
9. Substralthaltereinrichtung nach einem oder mehreren der Ansprüche 7 oder 8, dadurch gekennzeichnet, daß auf dem sich im Umgebungsraum (**12**) befindlichen Teil (**161**) des rohrförmigen Stabes (**16**) eine Schleifringeinrichtung (**19**) zur Übertragung elektrischer Signale und/oder Spannungen auf die am Halter (**14**) angeordneten Erwärmungs- und/oder Kühleinrichtungen (**15**) sowie des Sensors angeordnet ist, die mit einer festen Schleifringeinrichtung (**190**) zusammenwirkt.

10. Substralthaltereinrichtung nach einem oder mehreren der Ansprüche 7 bis 9, dadurch gekennzeichnet, daß mit dem sich im Umgebungsraum (**12**) befindlichen drehbaren Teil (**161**) des Stabes (**16**) eine relativ zum drehbaren Teil (**161**) feststehenden Zufuhr- und Abfuhreinrichtung (**20**) für das zur Erwärmungs- und/oder Kühleinrichtung (**15**) des Halters (**14**) geführten Temperierungsmittels (**13**) zusammenwirkt.

11. Substralthaltereinrichtung nach einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 10, dadurch gekennzeichnet, daß der Halter (**14**) axial (**25**) zur Drehachse verschiebbar ist.

Hierzu 2 Seite(n) Zeichnungen

Fig. 1



This diagram shows a longitudinal section of a mechanical device. At the left end, there is a cylindrical component labeled 10, which appears to be a motor or actuator. This is connected to a series of shafts and couplings. A large coupling labeled 20 is shown at the far left. The main shaft passes through several housing sections. On the right side, there is a complex assembly labeled 11, which includes a central shaft (16) and surrounding components like bearings (161, 162, 163, 165, 166) and seals. Arrows indicate the direction of rotation or movement for parts 13 and 14.